

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月24日

出 願 番 号

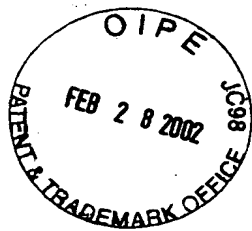
Application Number:

特願2000-358032

出 願 人

Applicant(s):

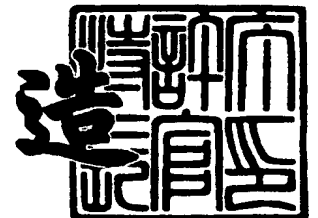
株式会社荏原製作所



2001年11月16日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3099720

【書類名】 特許願

【整理番号】 EB2349P

【提出日】 平成12年11月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 07/06

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作  
    所内

    【氏名】 多田 光男

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県藤沢市本藤沢 4 丁目 1 番 1 号 株式会社 荏原  
    電産内

    【氏名】 山崎 裕延

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作  
    所内

    【氏名】 須藤 康成

【特許出願人】

    【識別番号】 000000239

    【氏名又は名称】 株式会社 荏原製作所

    【代表者】 依田 正稔

【代理人】

    【識別番号】 100091498

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 渡邊 勇

【選任した代理人】

    【識別番号】 100092406

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 堀田 信太郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026996

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9112447

【プールの可否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 渦電流センサ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 導電性膜に生じる渦電流損の変化から前記導電性膜の膜厚を検出する渦電流センサにおいて、

前記導電性膜に渦電流を生じさせるセンサコイルと、該コイルに接続され前記渦電流損に対応して可変周波数を発振する能動素子部とが一体的に構成されたことを特徴とする渦電流センサ。

【請求項2】 前記発振回路の発振周波数は、VHF帯であることを特徴とする請求項1記載の渦電流センサ。

【請求項3】 前記渦電流損の変化を発振周波数の変化として検出することを特徴とする請求項1記載の渦電流センサ。

【請求項4】 基板を保持するトップリングと研磨面を有したターンテーブルとを備え、基板上に半導体デバイスを形成した面を前記研磨面に摺接させて研磨するポリッシング装置において、

前記基板の被研磨面の下方又は上方に前記基板上の被研磨面に形成された導電性膜の膜厚を計測できる渦電流センサを設け、

該渦電流センサは、前記導電性膜に渦電流を生じさせるセンサコイルと、該コイルに接続され前記渦電流損に対応して可変周波数を発振する発振回路とが一体的に構成されたことを特徴とするポリッシング装置。

【請求項5】 前記渦電流センサは、前記ターンテーブルの研磨面の下方に複数個配置されていることを特徴とする請求項4記載のポリッシング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は渦電流センサに係り、特に半導体ウエハ等の基板の表面に銅（Cu）等の導電性膜を被着し、これを化学機械的研磨（CMP）で研磨する際に、上記導電性膜に生じる渦電流損を検出することで、その研磨の進行状況を検出することができる渦電流センサに関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

半導体基板上に配線回路を形成するために、予め所定パターンの配線用の溝を形成しておき、基板をめっき液中に浸漬させて例えば銅（Cu）の無電解又は電解めっきを行ない、その後表面の不要部分を化学機械研磨（CMP）により除去する方法が提案されている。斯かるめっきによる成膜では、高アスペクト比の配線溝を均一に高導電率の金属で充填することが可能となる。前記CMPプロセスは、ターンテーブル上に貼設された研磨布にトップリングによって保持された半導体ウエハを押圧し、同時に砥粒を含有した研磨砥液を供給しつつ、半導体ウエハ上のCu層を研磨するものである。

## 【0003】

前記Cu層をCMPプロセスにより研磨する場合、配線用の溝内に形成されたCu層のみを残して半導体基板上からCu層を選択的に除去することが必要とされる。即ち、Cu層を配線用の溝部以外の箇処では、酸化膜（ $\text{SiO}_2$ ）が露出するまでCu層を除去することが求められる。この場合、過剰研磨となって、配線用の溝内のCu層を酸化膜（ $\text{SiO}_2$ ）とともに研磨してしまうと、回路抵抗が上昇し、半導体基板全体を廃棄しなければならず、多大な損害となる。逆に、研磨が不十分で、Cu層が酸化膜上に残ると、配線回路の分離がうまくいかず、短絡が起こり、その結果、再研磨が必要となり、製造コストが増大する。この事情は、Cu層に限らず、Al層等の他の導電性膜を形成し、この導電性膜をCMPプロセスで研磨する場合も同様である。

## 【0004】

そのため、CMPプロセスの終点を検出するために、渦電流センサを用いた研磨終点検出方法が提案されている。図11は、従来の渦電流センサを備えたポリッシング装置の主要部を示す図である。ポリッシング装置は、上面に研磨布42を貼った回転するターンテーブル41と、回転および押圧可能に研磨対象基板である半導体ウエハ43を保持するトップリング45と、研磨布42に砥液Qを供給する砥液供給ノズル48を備えている。トップリング45はトップリングシャフト49に連結されており、またトップリング45はその下面にポリウレタン等

の弾性マット47を備えており、弾性マットに接触させて半導体ウエハ43を保持する。さらにトップリング45は、研磨中に半導体ウエハ43がトップリング45の下面から外れないようにするため、円筒状のリテーナリング46を外周縁部に備えている。ここで、リテーナリング46はトップリング45に対して固定されており、その下端面はトップリング45の保持面から突出するように形成され、半導体ウエハ43が保持面内に保持され、研磨中に研磨布42との摩擦力によってトップリング外へ飛び出さないようになっている。

#### 【0005】

またトップリング45内には、渦電流センサコイル50Aが埋め込まれており、この渦電流センサコイル50Aは配線51を介してトップリングシャフト49内を通して発振回路を構成する能動素子部50Bに接続され、更にフィルタ回路からなるインタフェースボード53、波形変換回路からなるディストリビューションボックス54を介してプロセサ55に送られる。ディストリビューションボックス54では、発振信号がTTLレベル(0-5V)に変換され、プロセサ55内の周波数カウンタにより発振周波数が計数される。計測された発振周波数は表示装置56にて表示される。

#### 【0006】

半導体ウエハ43をトップリング45の下面の弾性マット47の下部に保持し、ターンテーブル41上の研磨布42に半導体ウエハ43をトップリング45によって押圧するとともに、ターンテーブル41およびトップリング45を回転させて研磨布42と半導体ウエハ43を相対運動させて研磨する。このとき、砥液供給ノズル48から研磨布42上に砥液Qを供給する。砥液は、例えばCu(銅)を研磨する場合は酸化剤にアルミナやシリカといった微粒子からなる砥粒を懸濁したものを扱い、Cu表面を化学反応で酸化させながら、砥粒による機械的研磨作用との複合作用によって半導体ウエハを研磨する。

#### 【0007】

上述の研磨中に、前記渦電流センサ50A、50Bによって半導体ウエハ43の被研磨面に形成されたCu層等の導電性膜の膜厚の変化を検出しつづける。そして、渦電流センサ50A、50Bの信号をモニターし、配線用の溝内に形成さ

れたCu層等の導電体のみを残して、酸化膜( $\text{SiO}_2$ )上の導電性膜が除去されたときの周波数変化によりCMPプロセスの終点を検出する。

【0008】

渦電流センサは、上述したように研磨対象の基板に対面するように配置されるセンサコイル50Aと、そのセンサコイルに接続されキャパシタンスおよび能動素子とにより構成される発振回路(能動素子部)50Bとからなる。そして、能動素子部50Bに直流電源が供給されると、前記センサコイル50Aとキャパシタンスとがタンク回路を形成し、トランジスタ等の能動素子によりその発振周波数で発振する。ここで、センサコイル50Aが形成する磁束がそのセンサコイルの前面に配置された基板43上の導電性膜を貫通し、交番的に変化することで該導電性膜中に渦電流が生じる。そして、この渦電流が導電性膜中に流れることで渦電流損失が生じ、等価回路的にみるとセンサコイルのインピーダンスのリアクタンス成分を低下させることになる。

【0009】

従って、この渦電流損がゼロの時には発振回路の発振周波数はタンク回路の発振周波数となるが、渦電流損が存在すると半導体ウエハの等価抵抗分の影響により発振回路の抵抗分が大きくなり、これにより発振周波数が高くなる方向に移動する。従って、発振回路の発振周波数の変化を観察することで、研磨の進行に伴い導電性膜が徐々に薄くなると、これにより発振周波数が低下し、導電性膜が研磨により完全になくなるとタンク回路の略発振周波数となり、それ以降は発振周波数が略一定となる。それ故、この点を検出することにより導電性膜の化学機械的研磨による終点を検出することができる。

【0010】

係る渦電流センサを利用した化学機械的研磨の終点検出によれば、研磨対象の基板に対して非接触で、且つ研磨の進行中に導電性膜の研磨の進行状況を把握することができる。

【0011】

この装置の場合には、センサコイル50Aが研磨対象の基板を保持するトップリング中に配設され、一方で発振回路の能動素子部50Bはセンサコイルから離



れたトップリングシャフトを保持する固定部に配置されていて、その間が通信線 51 で接続されている。発振回路で形成される発振信号はインターフェースボックス 53 およびディストリビューションボックス 54 等を経てパーソナルコンピュータに導入され、ここで発振周波数の推移がコンピュータのモニタ画面に表示されるようになっている。通信線 52 は一対（2 本）の信号線と、一対（2 本）の直流電源線の合計 4 本の電線により構成されている。また、通信線 51 はロータリコネクタを用いて固定側の能動素子部 50 B を回転するトップリング内に収容されたセンサコイル 50 A に接続している。従って、導電性膜の研磨の進行と共に渦電流損が減少し、これにより発振周波数が推移する様子をパーソナルコンピュータ 55 のモニタ 56 の画面上で観察することができる。

## 【0012】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、係る従来の渦電流センサによる研磨終点の検出方法においては、以下に述べる問題がある。即ち、センサコイル部分 50 A と能動素子部分 50 B とが別々の位置に配置され、その間が高インピーダンスの通信線 51 でロータリコネクタを介して接続されているため、通信線 51 がターンテーブルの回転等に伴うノイズを拾い、発振回路の出力信号処理においてこの除去が大変である。このため、十分なノイズに対する減衰量を有するフィルタ回路等を設ける必要がある。また、通信線 52 においてもノイズを拾う。

## 【0013】

さらに、渦電流センサに使用する発振周波数が 7 MHz 程度であり比較的低いため、研磨対象の導電性膜が十分に厚い場合には、大きな渦電流損を検出することができるが、導電性膜の研磨が進行し膜厚が極めて薄くなると、渦電流損の大きさが小さくなり、この場合には例えば 1000 Å 以下程度の膜厚の検出が困難となる。即ち、従来の渦電流センサは発振周波数が比較的低いいため、A オーダの膜厚検出精度が要求されるポリッシング装置の研磨終点の検出には、その精度が十分ではなかった。

## 【0014】

本発明は上述した事情に鑑みて為されたもので、安定な動作を可能とすると共

に精度の高い研磨終点の検出ができる渦電流センサを提供することを目的とする。

#### 【0015】

##### 【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するため、本発明は導電性膜に生じる渦電流損の変化から前記導電性膜の膜厚を検出する渦電流センサにおいて、前記導電性膜に渦電流を生じさせるセンサコイルと、該コイルに接続され前記渦電流損に対応して可変周波数を発振する能動素子部とが一体的に構成されたことを特徴とするものである。ここで、前記センサコイルは、空芯渦巻状であることが好ましく、また前記能動素子部を搭載した基板は、前記空芯渦巻状のセンサコイルに対して直交するように配置されていることが好ましい。また、センサコイルと能動素子部が一体的に構成された発振回路には、低インピーダンスの同軸ケーブルが接続され、これにより電源供給線と発振信号出力線とが兼用されていることが好ましい。

#### 【0016】

本発明によれば、渦電流センサを構成するセンサコイルと、そのコイルに接続された能動素子部とが一体的に構成されて発振回路を形成するので、且つ、信号通信線は低インピーダンス（ $50\Omega$ ）で信号電送が可能になりポリッシング装置のターンテーブル等の回転に伴うノイズを拾うことなく安定に動作させることができる。また、能動素子を搭載した基板を該センサコイルと直交する方向に配置することで、VHF帯の高い発振周波数を用いて渦電流損失の検出が可能となる。これにより、高比抵抗の薄い膜厚の導電性膜における渦電流損の検出が可能となり、バリア層を構成するタンタル（Ta）等のAオーダの薄膜の研磨状態を検出することができる。それ故、格段に精度の高い研磨終点の検出が行える。

#### 【0017】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図1乃至図9を参照して本発明の実施形態について説明する。

#### 【0018】

図1は、本発明の実施形態の渦電流センサの構造の概略を示す。この渦電流センサ10は、導電性膜に渦電流を生じさせるセンサコイル11と、そのコイルに

接続され渦電流損に対応して可変周波数を発振する発振回路を構成する能動素子部12とが一体的に構成されている。そして、センサコイル11と能動素子部を搭載した基板12とが箱体13に収納されている。箱体の寸法としては、例えば縦横の寸法がそれぞれ20mm以下、高さが10mm以下程度となっている。能動素子部12にはインピーダンス50Ω程度の同軸ケーブル15が接続され、これにより渦電流センサに直流電源が供給されるとともに、該ケーブル15は発振信号を出力する出力線の役割を果たしている。

#### 【0019】

ここで、センサコイル11は空芯渦巻状であり、この実施形態においては2ターン程度のものが採用されている。発振回路を構成する能動素子部を搭載した基板12は、空芯渦巻状のセンサコイル11に対して直交するように配置されている。これにより、センサコイルが能動素子部を搭載した基板上の導電性材料に渦電流を生じさせない。即ち、仮にセンサコイル11を能動素子部を搭載した基板に平行に配置すると、センサコイルから生じる磁束が回路基板上の導電材料中に渦電流を生じさせ、渦電流センサとしてはこの渦電流損を検出することとなり精度が劣化する。また、能動素子部を搭載した基板においてもその基板上の導電性材料中に渦電流が生じることとその動作上好ましいことではない。このようにして、センサコイル11と、能動素子部を搭載した基板12とを直交して配置することで、後述するように例えば200MHz程度の高い発振周波数で精度良く渦電流損失を計測することが可能となる。

#### 【0020】

能動素子部12には、基本的にコルピッツ型の発振回路が採用され、センサコイル11のインダクタンスと基板12に搭載されたコンデンサのキャパシタンスによりタンク回路が形成され、このタンク回路の発振周波数により発振周波数が決定されることは上述したとおりである。ここで、渦電流損に対応してセンサコイルの等価的なインピーダンスのリアクタンス成分が変化し、これにより発振周波数が移動する点も上述したとおりである。

#### 【0021】

本発明の実施形態においては、センサコイル11のインダクタンス値と能動素

子基板12に搭載されたコンデンサのキャパシタンス値とを選択することにより、約200MHz程度のVHF帯の発振周波数となるように設定している。この発振周波数を選択することにより、渦電流損を発生する導電性膜比抵抗に対応した検出感度を得られる。即ち、化学機械的研磨の対象となる導電性膜としては、一般にタンタル(Ta)膜のバリア層が形成され、その上に銅(Cu)のメッキ層が形成されている。ここで、タンタル(Ta)膜の比抵抗は $160\ \Omega\text{m}$ 程度であり、銅(Cu)の比抵抗は $1.6\ \Omega\text{m}$ 程度であり、約100倍の差がある。ここで、導電性膜が銅(Cu)である場合には、発振周波数は図2(a)に示すように約20MHz程度で良好な検出精度を得られる。即ち、銅(Cu)の膜厚が十分に大きい場合には、発振周波数は20.7MHz程度が得られ、銅(Cu)の膜が殆ど除去された状態では発振周波数は20.0MHz程度となる。このため、膜厚が十分にある場合とない場合との差が0.7MHz程度の十分な検出幅が得られる。これに対して、バリア層として用いられるタンタル(Ta)膜の場合には、タンタル(Ta)膜の膜厚が十分に厚い場合には187MHz程度の発振周波数が得られ、タンタル(Ta)膜の膜厚がほぼ0となった場合には発振周波数は184MHz程度となる。この場合にも上述と同様に3MHz程度の十分な検出幅が得られる。

#### 【0022】

ここで、バリア層となるタンタル(Ta)膜の膜厚はÅオーダーであり、銅(Cu)の膜厚は $\mu\text{m}$ オーダーである。従って、図1に示す渦電流センサによれば、バリア層を形成する極めて薄いタンタル(Ta)膜に対してその研磨の進行状況を検出することが可能となる。即ち、発振周波数を7MHzとした銅膜の検出においては、研磨の終点が例えば1000Å程度の誤差が生じるが、極めて薄い膜厚のタンタル(Ta)層の研磨の終点を発振周波数を約180MHzとして検出することで、Åオーダーのバリア層の研磨終点の検出が可能となる。これにより、研磨終点の検出精度を格段に向上させることができる。

#### 【0023】

図3は、渦電流センサによる渦電流損の検出回路を示す。渦電流センサは、上述したようにセンサコイル11と、このセンサコイルとタンク回路を形成するコ

ンデンサ16、17と、トランジスタ等からなる能動回路素子18とにより構成されている。キャパシタンスは、固定キャパシタ16と可変キャパシタ17とからなり、この可変キャパシタ17により後述するように自動周波数調整回路を構成している。渦電流センサ10には同軸ケーブル15を介して分周器または減算器61および波形変換を行うディストリビューションボード54が接続されている。ここで同軸ケーブル15は上述したように電源の供給線と信号線とを兼ねていて、渦電流センサ10の発振信号は、結合コンデンサを介して発振信号検出回路に接続され、インタフェースボード53側から直流電源が供給される。ここで、分周回路は検出した発振周波数を逡降するものであるが、減算器によれば変化分に対する固定分の多くの部分を減算して除くことにより、分解能を高めることができる。

#### 【0024】

プロセサ55内の発振信号検出部は、研磨の進行に伴う渦電流損の変化から研磨の進行状況を検出するものであり、以下に述べる大略2つの方式がある。第1の方式としては、発振信号の発振周波数の変化を検出する方式である。図2に示すように、導電性膜の研磨が進行すると、これに伴い渦電流損が変化し、センサコイルの等価的な抵抗値が変化する。従って、発振回路の発振周波数が変化するので、この発振信号を分周回路により分周し、または減算器により減算することにより、検出幅の周波数の大きさに対応した信号をモニタに表示する。これにより、上述した図2に示すような周波数軌跡の推移グラフが得られる。

#### 【0025】

膜厚が十分に厚い場合には研磨の進行（時間 $t$ の経過）に伴う渦電流損の変化は少なく、従って発振周波数の変化も少ない。研磨が進行し、導電性膜の残膜の厚さが薄くなると、渦電流損は急激に減少する。このため、周波数も急激に下降する。そして、導電性膜の残膜が完全になくなると、下地の酸化膜の研磨は進行するとしても、導電性膜自体が存在しなくなるので発振周波数は略一定となる。従って、発振周波数が急激に下降してそれから略一定に変化する点が研磨の終点となる。渦電流センサの出力を移動平均処理した後に微分処理を行い、この微分処理結果を観察することにより研磨の終点を精度良く検出することが可能となる。

## 【0026】

そして、発振信号検出部で検出された発振周波数を制御回路に伝達し、可変コンデンサ（バリキャップ）17のキャパシタンス値を変更することにより、自動周波数調整（Automatic Frequency Tuning）により発振周波数のずれの自動補正を行うことができる。これによりセンサの自己発振周波数の変動を抑え、センサの個体差をなくすことにより渦電流センサからの出力信号周波数の感度の安定化を行え、且つ渦電流センサ自体の製作精度によるバラツキをなくすことができる。自動振幅制御（A L C）方式を用いて、発振回路の発振振幅の安定化を行ない、振幅を一定にするためには、図4に示すように、発振信号検出回路内に高周波振幅検出器24を設け、検出された信号の大きさを比較器25にて基準振幅信号と比較し、これにより減衰器26を操作することで振幅を一定に制御することができる。このような回路を導入することで、渦電流センサの高周波信号からTTLレベル信号変換時の動作安定とS/N比を安定にすることができる。

## 【0027】

第2の渦電流損の検出方式としては、センサコイル11の渦電流損の等価インピーダンスのレジスタンス成分をLCRメータにより直接測定する。図3における発振信号検出回路としてLCRメータを用いることにより、図5に示すようにモニタ画面には、横軸に抵抗R、縦軸にリアクタンスXが表示される。渦電流損が研磨の進行に伴い変化することにより、渦電流損の変化と共に抵抗値Rおよびリアクタンス値Xの軌跡が推移する様子を観察することができる。即ち、点Aは残膜量が多く、渦電流損失が大きい状態を示し、点Bは導電性膜が研磨の進行に伴いなくなり、渦電流損がなくなり、インピーダンスメータ側から見た固定抵抗分のみとなる状態である。図5のようにセンサのインピーダンス変化 $\Delta R \gg \Delta X$ であり、リアクタンス成分（ $\Delta X$ ）よりはレジスタンス成分（ $\Delta R$ ）がはるかに大きく変化することに注目している。なお、渦電流センサを使用してポリッシング装置の動作をさせている時に、予め定めた範囲から測定結果が逸脱した場合には、センサ故障と判断し、エラー信号を発生させる。そして、研磨を停止させることで異常時の影響を最小限に止めることができる。

## 【0028】

渦電流センサの発振周波数信号を周波数の時間勾配変化としてとらえ、即ち発振周波数の時間微分信号を演算し、この特徴点により研磨終点の判定が行える。図6(a)は発振周波数自体の時間 $t$ の推移軌跡を示し、図(b)はこの微分値の推移軌跡を示す。ここでAはメタル層クリアを示し、Bはバリアー層目クリアを示し、Cはバリア二層目のクリアを示す。この様に発振周波数自体の変化は僅かでも、この微分値を観察することで、Aオーダのバリア層の研磨終点の検出が容易に可能となる。

## 【0029】

図7は、この渦電流センサを備えたポリッシング装置の全体構成を示す縦断面図である。図7に示されるように、ポリッシング装置は、ターンテーブル41と、半導体ウエハ43を保持しつつターンテーブル41の研磨布42に押圧するトップリング45とを具備している。ターンテーブル41はモータ47に連結されており、矢印で示すようにその軸心回わりに回転可能になっている。また、トップリング45は、モータ（図示せず）に連結されるとともに昇降シリンダ（図示せず）に連結されている。これによって、トップリング45は、矢印で示すように昇降可能かつその軸心回わりに回転可能になっており、半導体ウエハ43を研磨布42に対して任意の圧力で押圧することができるようになっている。トップリング45はトップリングシャフト52に連結されており、またトップリング45はその下面にポリウレタン等の弾性マット47を備えている。またトップリング45の下部外周部には、半導体ウエハ43の外れ止めを行うガイドリング46が設けられている。また、ターンテーブル41の上方には研磨砥液ノズル48が設置されており、研磨砥液ノズル48によってターンテーブル41に貼設された研磨布42上に研磨砥液Qが供給されるようになっている。

## 【0030】

図7に示すように、ターンテーブル41内には渦電流センサ11が埋め込まれている。渦電流センサ11の接続ケーブル15は、ターンテーブル41およびターンテーブル支持軸41a内を通り、ターンテーブル支持軸41aの軸端に設けられたロータリコネクタ（又はスリップリング）19を経由してコントローラ5

5に接続されている。コントローラ55は表示装置（ディスプレイ）56に接続されている。

#### 【0031】

図8は、図7に示すポリッシング装置の平面図である。図示するように、渦電流センサ10a～10fは、トップリング45に保持された研磨中の半導体ウエハ43の中心Cwを通過する位置に、この場合は6ヶ所に設置されている。符号C<sub>T</sub>はターンテーブル41の回転中心である。渦電流センサ10は、半導体ウエハ43の下方を通過している間、通過軌跡上で連続的に半導体ウエハ43のCu層およびTa層等の導電性膜の膜厚を検出できるようになっている。

#### 【0032】

この場合は、渦電流センサを6ヶ所に配置しているが、配置数は適宜変更することができる。また、ターンテーブルに研磨布を配置した例について説明したが、固定砥粒プレートを用いるようにしてもよい。また、この場合には固定砥粒プレート内に渦電流センサを配置するようにしてもよい。なお、ターンテーブルは1テーブルでなく複数テーブルタイプにも対応可能である。

#### 【0033】

上記構成のポリッシング装置において、トップリング45の下面に半導体ウエハ43を保持させ、半導体ウエハ43を回転しているターンテーブル41の上面の研磨布42に昇降シリンダにより押圧する。一方、研磨砥液ノズル48から研磨砥液Qを流すことより、研磨布42に研磨砥液Qが保持されており、半導体ウエハ43の被研磨面（下面）と研磨布42の間に研磨砥液Qが存在した状態でポリッシングが行われる。

#### 【0034】

この研磨中に、渦電流センサ10a～10fは、ターンテーブル41が一回転する毎にそれぞれ半導体ウエハ43の被研磨面の直下を通過する。この場合、渦電流センサ10a～10fは半導体ウエハ43の中心Cwを通る軌道の上に設置されているため、センサの移動に伴って半導体ウエハ43の被研磨面の円弧状の軌道上で連続的に膜厚検出が可能である。そして、この場合には、渦電流センサが6ヶ所に設けられているので、断続的にはあるが短い間隔で研磨の進行状況を



いずれかのセンサで検出できる。

#### 【0035】

図11に示す従来の渦電流センサを用いた終点検出方法では、該渦電流センサをトップリング内に設けていたため、半導体ウエハ上に形成されたCu層等の導電性膜の膜厚は渦電流センサの直下しか計測できないという欠点があった。この場合、トップリング側に埋め込むセンサの数を増やせば、膜厚の計測箇所は増加するが、それでも、互いに離間した複数点（又は多数点）の断続的な計測値が得られるにすぎず、連続したプロファイルとしての計測値を得ることができないという問題点があった。またセンサ数の増加に伴って、装置コストが増加するとともに信号処理が複雑になるという問題点があった。ターンテーブルに渦電流センサを配置した本方式では、研磨中に、渦電流センサは、ターンテーブルが一回転する間に半導体基板の被研磨面の直下を通過する。この場合、渦電流センサは半導体基板の中心を通る軌道上に設置されているため、センサの移動に伴って半導体基板の被研磨面の円弧状の軌道上で連続的に膜厚検出が可能である。

#### 【0036】

図9に示すように、研磨が進行するにつれて、渦電流センサ10a～10fの信号をコントローラ12で処理した値は漸次減少してゆく。即ち、導電性膜の膜厚が減少するにつれて、渦電流センサ10の信号をコントローラ12で処理した値である検出周波数が減少してゆく。したがって、予め、導電性膜が配線部を除いて除去されたときの発振周波数の値を調べておけば、発振周波数の値をモニターすることにより、CMPプロセスの終点を検出できる。

#### 【0037】

図10は、膜厚と発振周波数との関係を較正した例を示す。例えば、1000Å ( $t_1$ ) または200Å ( $t_2$ ) 等の基準ウエハを準備し、この基準ウエハにおける発振周波数  $f_1$ ,  $f_0$  等の周波数を測定し、これらの点を基準点とする。そして、実際の研磨の進行状況に伴う周波数に対する膜厚変化のデータを取得し、これを点線で示す。このデータを上記基準点に対して最小二乗法等の手法によりカーブを形成する。このような手法により、渦電流センサの特性を較正しておくことで、発振周波数の変化から直接膜厚の変化を読みとることが可能となる。

このような渦電流センサを多数備えたポリッシング装置によれば、終点検出を半導体ウエハの全面について行うことができ、且つ短時間間隔で行うことができる。そして、上述したようにバリア層であるTa層の研磨終点を検出できるので、極めて高精度の研磨終点の検出を行える。

【0038】

また、導電性膜が配線部を除いて除去されることを渦電流センサと光学式センサの両者からの信号を処理し、モニターすることにより検出し、CMPプロセスの終点を決定するようにしてもよい。本実施の形態においては、導電性膜としてCuおよびTa層について説明したが、Cr, W, Ti等の他の金属であってもよい。

【0039】

また、①渦電流センサ信号、②ターンテーブルモータもしくはトップリングモータの電流信号、③テーブル内もしくはテーブル外に設けた光学的手段研磨面への入射および反射の光学信号、④研磨面の温度信号を単独または適切なる組合せにより使用することにより、研磨終点の検出性能を向上させることもできる。

【0040】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、ポリッシング装置における研磨終点の検出を安定に、且つ高精度で行える。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の渦電流センサの概略構成を示す透視斜視図である。

【図2】

研磨の進行に伴う発振周波数の変化を示すグラフである。

【図3】

渦電流センサの発振信号の検出回路を示す図である。

【図4】

図3における振幅調整回路を示す図である。

【図5】

LCRメータによる等価インピーダンスの推移軌跡を示す図である。

【図6】

(a) は発振周波数の推移軌跡を示す図であり、(b) は発振周波数の時間微分値の推移軌跡を示す図である。

【図7】

本発明のポリッシング装置の全体構成を示す縦断面図である。

【図8】

図7に示すポリッシング装置のターンテーブルの平面図である。

【図9】

図7に示す装置における発振信号の検出例を示す図である。

【図10】

渦電流センサの発振周波数と膜厚の較正例を示す図である。

【図11】

従来のポリッシング装置の主要部を示す図である。

【符号の説明】

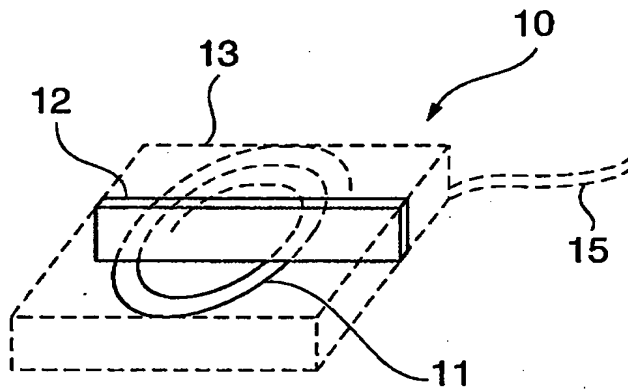
- 10 (10a～10f) 渦電流センサ
- 11 センサコイル
- 12 能動素子部 (基板)
- 13 箱体
- 15 同軸ケーブル
- 20 直流電源
- 21 発振信号検出回路
- 41 ターンテーブル
- 42 研磨布
- 43 半導体ウエハ
- 45 トップリング
- 48 砥液供給ノズル
- 49 トップリングシャフト
- 50A, 50B 渦電流センサ

特2000-358032

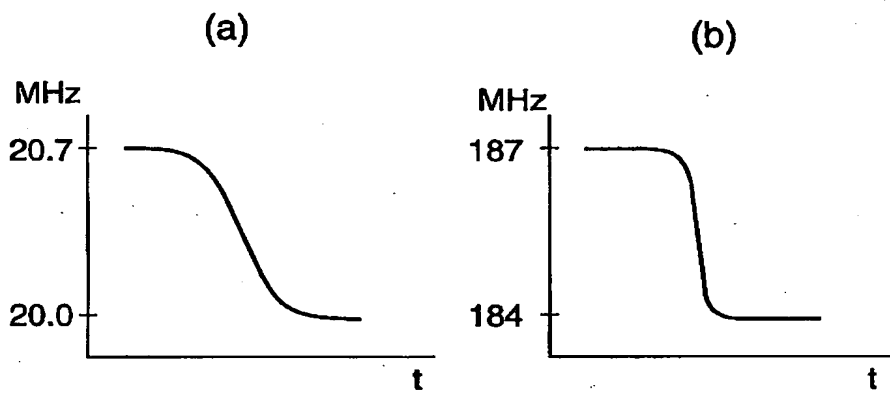
51 配線

【書類名】 図面

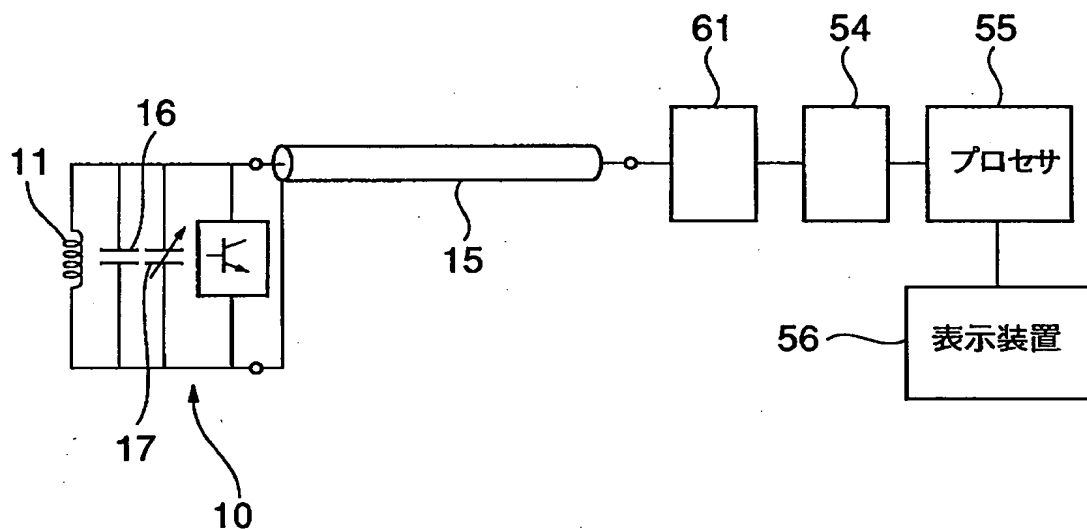
【図 1】



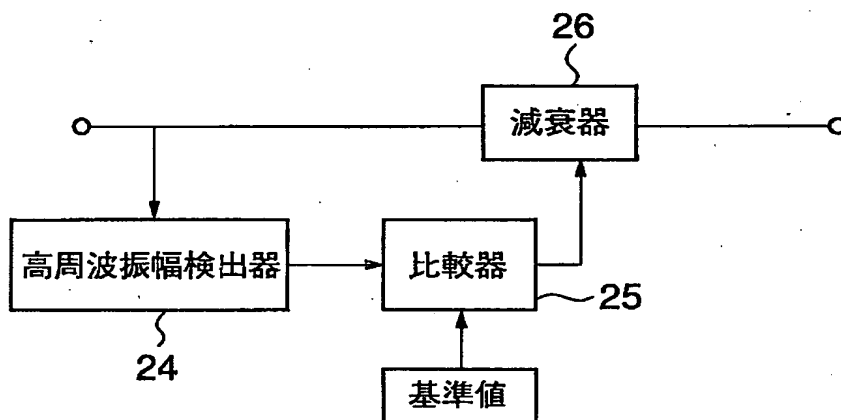
【図 2】



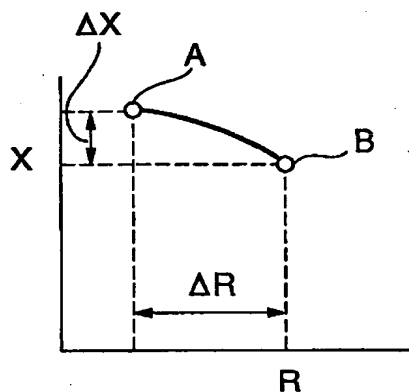
【図 3】



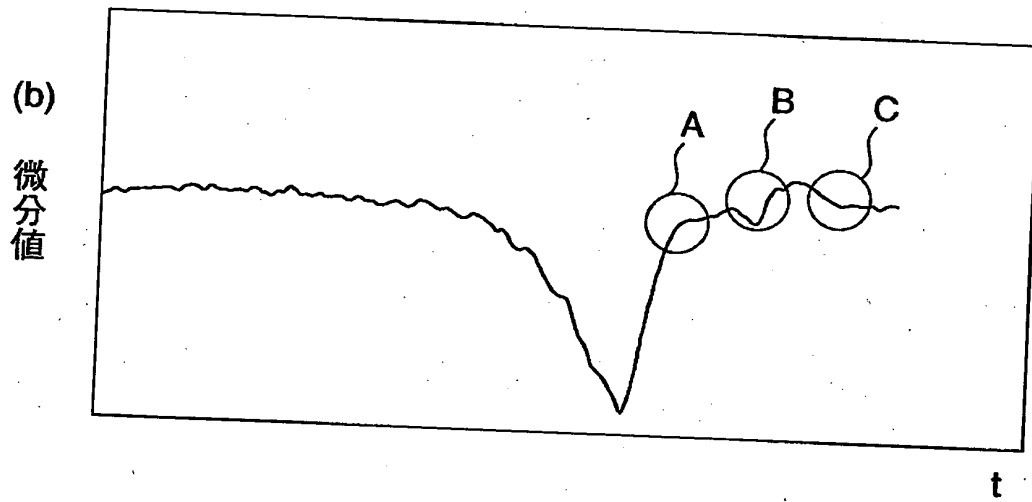
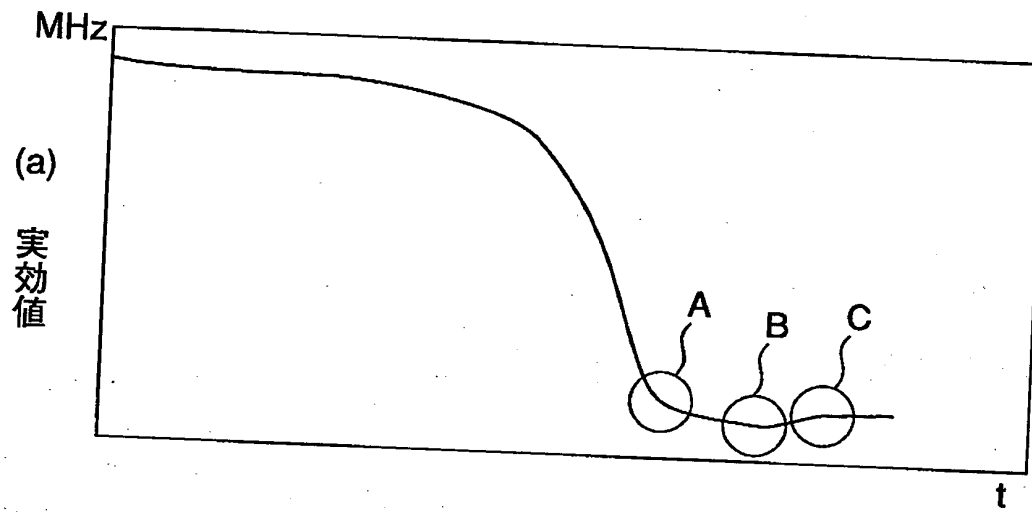
【図 4】



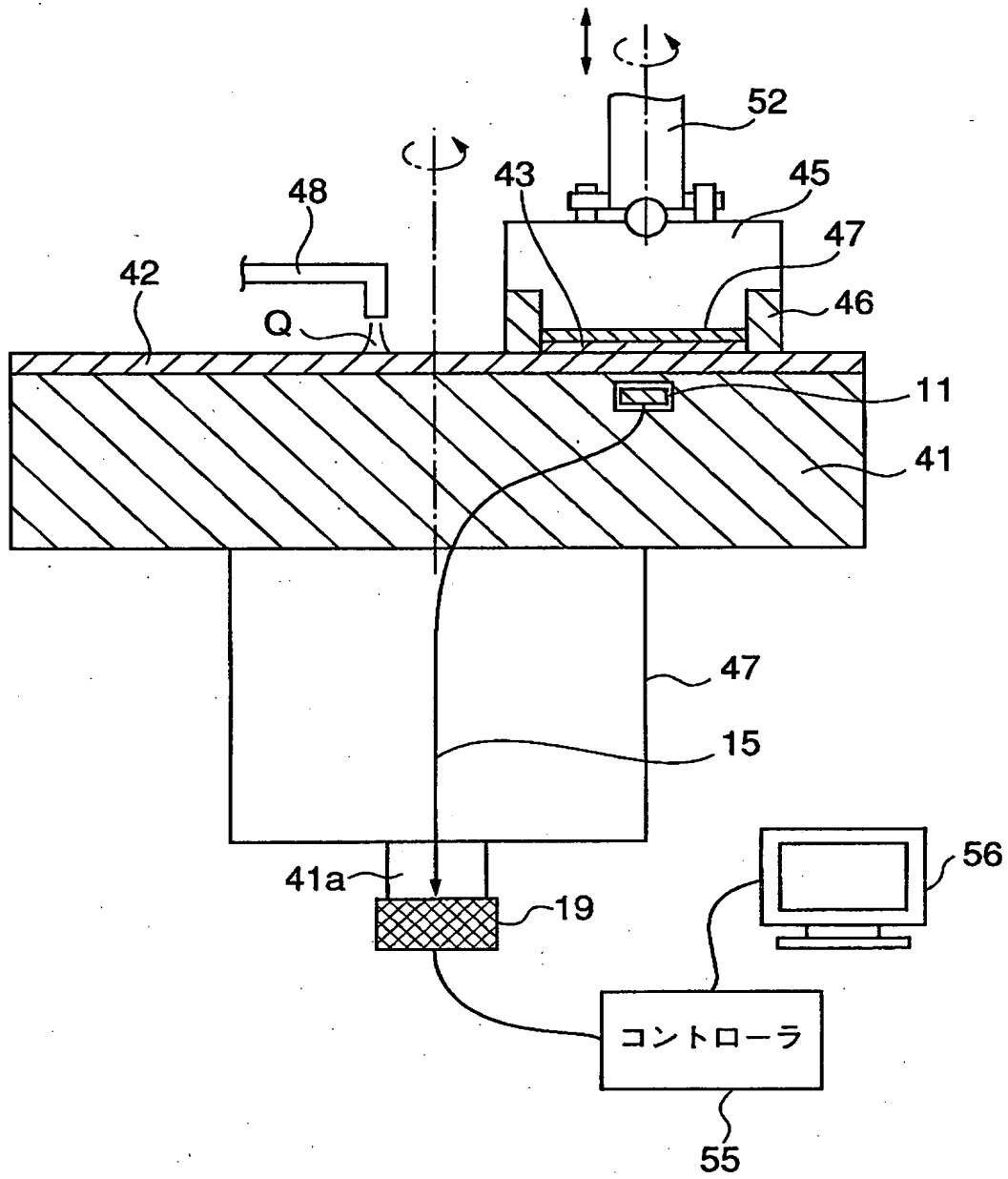
【図 5】



【図 6】

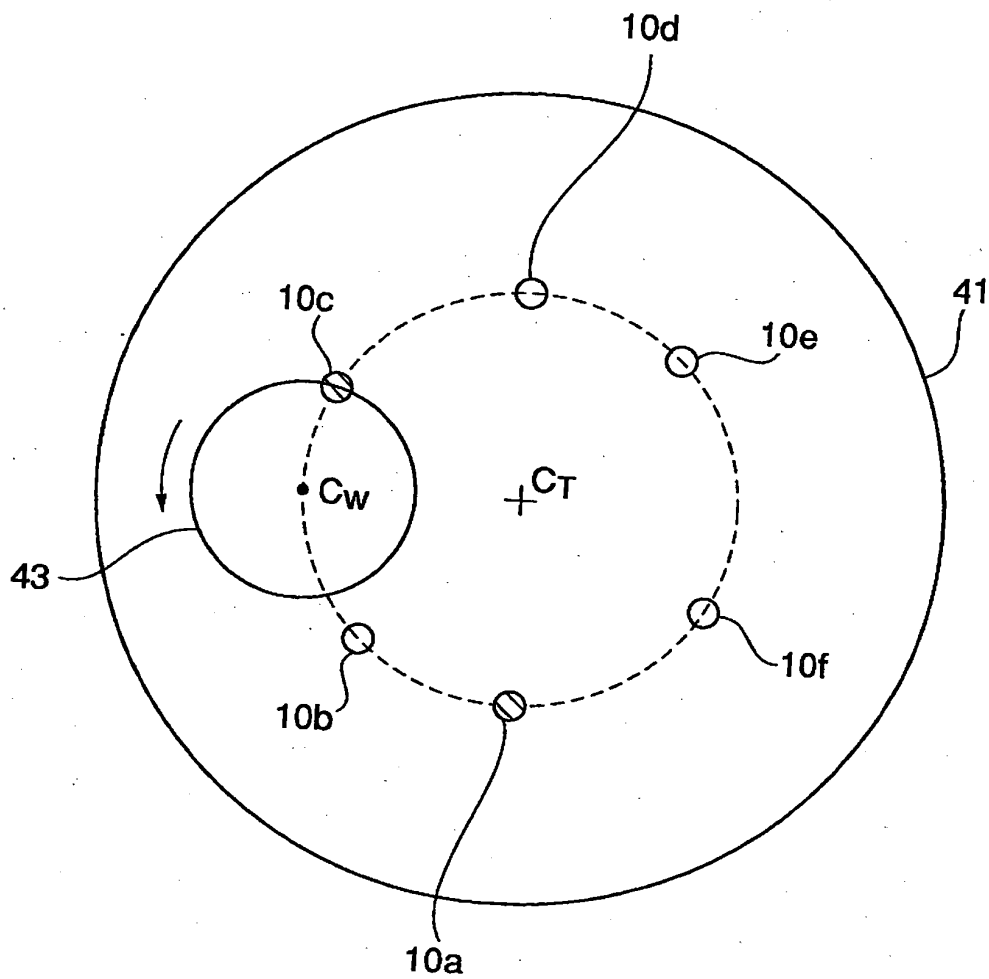


【図 7】

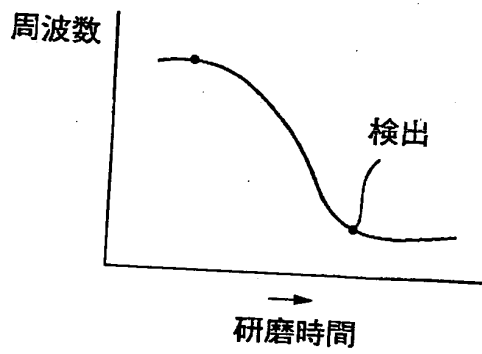




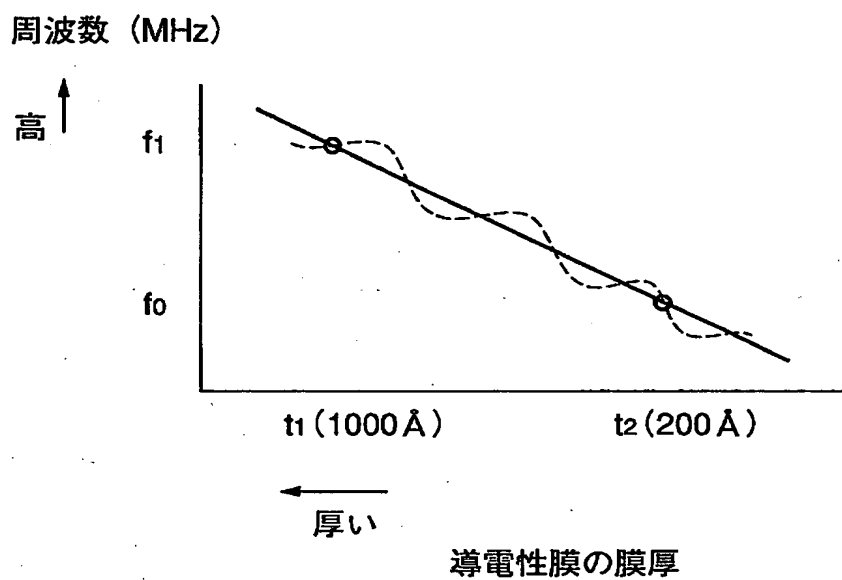
【図 8】



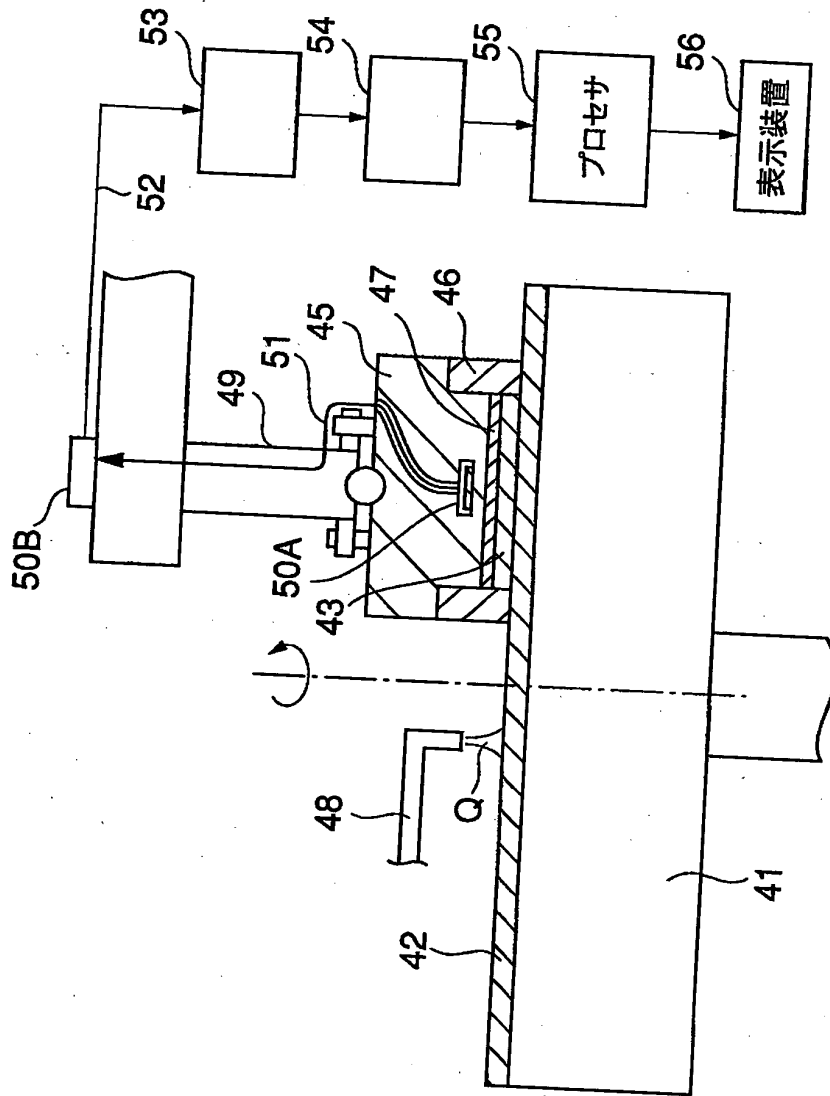
【図 9】



【図10】



【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 安定な動作を可能とすると共に精度の高い研磨終点の検出ができる渦電流センサを提供する。

【解決手段】 導電性膜に生じる渦電流損の変化から導電性膜の膜厚を検出する渦電流センサ10において、導電性膜に渦電流を生じさせるセンサコイル11と、コイルに接続され渦電流損に対応して可変周波数を発振する能動素子部12とが一体的に構成された。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号

氏 名 株式会社荏原製作所